

# **POROSITAS DAN *SORPTIVITY* BETON OPC DAN BETON OPC POFA DENGAN PERBAIKAN AIR GAMBUT SEBAGAI AIR PENCAMPUR MENGGUNAKAN KAPUR TOHOR DI LINGKUNGAN GAMBUT**

**Lina S. Sormin<sup>1)</sup>, Monita Olivia<sup>2)</sup>, Edy Saputra.<sup>3)</sup>**

<sup>1)</sup>Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil S1, <sup>2)</sup>Dosen Teknik Sipil, <sup>3)</sup>Dosen Teknik Kimia  
Laboratorium Teknologi Bahan Teknik Sipil

Program Studi Teknik Sipil S1, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau  
Kampus Bina Widya Jl. HR. Soebrantas Km. 12,5 Simpang Baru, Tampan,  
Pekanbaru 28293

Email: [linasormin182@gmail.com](mailto:linasormin182@gmail.com)

## ***Abstract***

*The use of peat water is often used as concrete mixing water in areas difficult to obtain clean water. Peat water containing a low pH is not recommended as concrete mixing water because it can reduce the quality of concrete. Mineral materials such as Palm Oil Fuel Ash (POFA) used in the concrete mix to increase the density of the resulting. This study aims to assess the physical properties such as porosity and water sorptivity concrete using peat as concrete mixing water. Type of cement used in the concrete mixture is OPC and OPC POFA 10%. Peat water for the research came from Rimbo Panjang, Kampar, Riau and POFA derived from Perhentian Raja, Kampar, Riau. Research results show that concrete repair using quicklime 40 milligrams for peat water soaked peat environment has a high porosity and sorptivity.*

**Keywords:** OPC, Palm Oil Fuel Ash (POFA), peat water, quicklime

## **A. PENDAHULUAN**

### **A.1 Latar Belakang**

Lahan gambut adalah lahan yang sepanjang tahun selalu jenuh air atau tergenang (BB Litbang, 2011). Provinsi Riau merupakan daerah dengan luas lahan gambut terbesar di Indonesia. Menurut Badan Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Pertanian (2011) luas lahan gambut yang terdapat di daerah Riau mencapai 60% dari luas total lahan gambut di Sumatra. Lahan gambut memiliki karakteristik yang khas karena lahan ini merupakan peralihan antara daratan dan sistem perairan. Peralihan ini disebabkan oleh penimbunan sisa-sisa tanaman yang mengalami pelapukan. Hal ini mengakibatkan gambut sebagai lingkungan agresif karena mengandung zat organik yang cukup banyak. Kandungan zat organik ini memiliki asam organik yang tinggi sehingga lahan gambut memiliki pH yang rendah (Nugraheni & Pangaribuan, 2008).

Sifat asam yang tinggi pada lahan gambut mempengaruhi konstruksi beton di sekitarnya khususnya konstruksi yang terendam air. Beton yang telah teresapi oleh air akan mengalami degradasi pada kekuatan dan ketahanannya (Sugiharto et al., 2007). Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bagaimana pengaruh *curing* beton pada air gambut. Hasil penelitian Pandiangan (2013) menunjukkan kuat tekan beton OPC pada rendaman air gambut umur 28 hari dan 91 hari mengalami penurunan. Hal ini juga ditunjukkan pada penelitian Pradana (2016), beton OPC yang direndam pada lingkungan gambut mengalami penurunan kuat tekan seiring bertambahnya umur rendaman tetapi mengalami peningkatan kuat tekan setelah beton PCC dan OPC ditambah 10% POFA. Serangan asam membuat pasta semen mengalami korosi sehingga dapat menimbulkan ekspansi, retak, dan kehancuran pada beton. Sesuai

hasil yang diperoleh oleh Olivia (2016), sifat asam pada air gambut dapat menyebabkan penyusutan pada beton. Untuk menjaga kestabilan dan integritas struktur beton di lingkungan asam, maka beton seharusnya memiliki kualitas dan durabilitas tinggi (Olivia, 2015).

Air merupakan komponen utama pencampur bahan-bahan penyusun beton. Kriteria air yang memiliki kualitas yang baik untuk digunakan sebagai pencampur beton antara lain bersih, tidak mengandung minyak, asam, alkali dan bahan organik (Su, Miao, & Liu, 2002). Air minum adalah contoh air yang baik digunakan sebagai air pencampur beton. Namun, pemakaian air minum tentu tidak ekonomis dan mengingat beberapa daerah kesulitan untuk mencapai air bersih. Pada lahan gambut, kriteria air yang baik digunakan pada beton sangat sulit dicapai. Oleh karena itu, perbaikan kualitas air perlu dilakukan. Salah satu caranya adalah dengan menaikkan pH air asam. Kapur tohor adalah zat aditif yang dapat digunakan untuk menetralisasi pH air asam. (Herlina et al.,)

Berbagai penelitian terkait perbaikan mutu beton di lahan gambut sudah dilakukan. Perbaikan ini seiring dengan inovasi teknologi bahan seperti penggunaan limbah industri sebagai bahan tambah maupun bahan pengganti semen. Bahan ini berfungsi mengisi pori di dalam beton sehingga beton lebih padat. Salah satu bahan yang digunakan adalah abu sawit atau lebih sering dikenal dengan *Palm Oil Fuel Ash* (POFA). POFA diperoleh dari pembakaran cangkang dan serabut kelapa sawit. Pada tahun 2014, provinsi Riau memiliki luas area kelapa sawit sebesar 2,3 juta hektar dengan produksi sekitar 7 juta ton. Peningkatan produksi kelapa sawit tentu sering dengan peningkatan limbah buangnya. Oleh karena itu, pada penelitian ini akan menggunakan POFA sebagai bahan substitusi.

## A.2 Tujuan

1. Mengkaji komposisi kapur tohor yang optimum digunakan pada air gambut

sebagai air pencampur untuk campuran beton POFA yang akan direndam di lingkungan gambut.

2. Mengkaji sifat durabilitas beton antara lain kuat tekan, porositas, visual, kedalaman penetrasi dan perubahan berat beton yang menggunakan semen OPC dan OPC POFA dengan kapur tohor pada umur 7, 28, dan 91 hari pada lingkungan gambut.
3. Membandingkan sifat durabilitas beton yang menggunakan semen OPC dan semen campuran OPC POFA dengan air gambut yang ditambah kapur tohor.

## B. Metodologi Penelitian

Variasi beton yang dibuat dalam penelitian ini terdiri dari empat variasi. Variasinya antara lain beton OPC N, beton OPC POFA N, beton OPC AG dan beton OPC POFA AG. Beton OPC N adalah beton yang tersusun dari campuran semen, agregat dan air normal yang direndam di air normal. Beton OPC POFA N tersusun dari semen, agregat, air normal dan POFA 10% yang direndam di air normal. Beton OPC AG adalah beton yang tersusun dari campuran semen, agregat, air gambut yang telah diberi kapur tohor sebagai air pencampur yang direndam langsung di lingkungan gambut. Beton OPC POFA AG adalah beton yang tersusun dari semen, agregat, air gambut yang diberi kapur tohor sebagai air pencampur yang direndam langsung di lingkungan gambut. Semen yang digunakan adalah semen tipe *Ordinary Portland Cement* sedangkan POFA berasal dari daerah Kecamatan Perhentian Raja, Kabupaten Kampar, Riau. POFA yang digunakan adalah bahan yang lolos saringan no. 200. Air pencampur maupun air rendaman berasal dari daerah Rimbo Panjang, Kabupaten Kampar, Riau. Kapur tohor dengan jumlah tertentu digunakan untuk memperbaiki air gambut sebagai air pencampur beton.

## B.1 Pemeriksaan Karakteristik Material

Pemeriksaan material terdiri dari pemeriksaan karakteristik agregat kasar,

agregat halus, dan komposisi kimia POFA (*Palm Oil Fuel Ash*). Pemeriksaan agregat kasar dan halus terdiri dari analisa saringan, kadar air, berat jenis, berat volume, abrasi *los angeles*, kadar lumpur dan kadar organik. Pemeriksaan komposisi kimia POFA (*Palm Oil Fuel Ash*) dilakukan dengan mengirim sebagian sampel POFA lolos saringan no. 200 ke Laboratorium Badan Riset dan Standarisasi Industri Padang.

## B.2 Tahap Pengujian

Pada tahap ini dilakukan pengujian beton sesuai umur rencana 28 hari dengan menggunakan air gambut sebagai air pencampur beton. Pengujian yang dilakukan yaitu pengujian porositas dan *sorptivity*.

### B.2.1 Tahap Pengujian Porositas

Prosedur pengujian untuk mengetahui porositas adalah sebagai berikut:

1. Mengeluarkan benda uji dari bak perendaman
2. Mengeringkan benda uji dengan oven pada suhu 100-110°C selama tidak kurang dari 24 jam, biarkan dingin diudara kering sampai suhu 20-25°C lalu menghitung masa kering oven sebagai W1.
3. Melakukan perendaman dalam air selama tidak kurang dari 48 jam.
4. Setelah masa perendaman 48 jam, maka permukaan benda uji dikeringkan dengan handuk agar menghilangkan kelembaban permukaan, lalu menentukan massa jenuh setelah perendaman sebagai W2.
5. Setelah penimbangan massa jenuh, lalu dengan menggunakan penggantung kawat menghitung massa sebenarnya dalam air sebagai W3.



Gambar 1. Pengujian Porositas

### B.2.2 Tahap Pengujian *Sorptivity*

Pengujian *sorptivity* bertujuan untuk menentukan tingkat penyerapan air ke dalam beton. Metode yang digunakan adalah GHD (*Determination of Sorptivity*). Adapun prosedur pengujiannya sebagai berikut:

1. Membelah beton sebelum dilakukan pengujian dengan menggunakan gerinda dengan ukuran diameter 10 cm dan tinggi 10 cm.
2. Mengeringkan benda uji menggunakan oven dengan suhu 105-110°C hingga berat benda uji konstan.
3. Menyusun alat pengujian terdiri dari wadah.
4. Meletakkan benda uji di atas balok, kemudian wadah diisi air hingga ketinggian 1-2 mm dari bawah permukaan beton.
5. Waktu mulai dihitung, kemudian dilanjutkan dengan mencatat berat benda uji pada interval waktu 1, 5, 10, 20, 30, 60, 120, 180, dan 240 menit dari awal pengujian.



Gambar 2. Pengujian *Sorptivity*

## C. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

### C.1 Analisis Karakteristik POFA

Pemeriksaan komposisi abu sawit (*Palm Oil Fuel Ash*) dilakukan untuk mengetahui kadar senyawa pozzolanik yang terkandung dalam abu sawit yang akan digunakan sebagai pengganti sebagian semen dalam campuran beton. Pengujian ini dilakukan dengan mengirimkan sebagian sampel POFA ke Balai Riset dan Standarisasi Industri Padang. POFA yang diuji adalah lolos saringan No. 200. Hasil pemeriksaan komposisi POFA dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel. 1 Kandungan Kimia POFA (%)

Senyawa	Hasil Uji
SiO <sub>2</sub>	46,68
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13,87
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,82
CaO	8,79
MgO	5,82
Na <sub>2</sub> O	0,03
K <sub>2</sub> O	2,17
MnO	0,07
P <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7,75
SO <sub>3</sub>	1,12
Cu	0,02
Zn	0,02
Kadar air	3,78

Sumber: Balai Riset dan Standarisasi Industri Padang, 2016

Dari Tabel 1 diketahui bahwa abu sawit dari Kecamatan Perhentian Raja, Kabupaten Kampar, Riau sebagian besar tersusun atas Silikon Dioksida (SiO<sub>2</sub>)

sebesar 46,68 %, Aluminium Oksida (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) sebesar 13,87 %. Jumlah kandungan SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, dan Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> lebih dari 60%. ASTM C168 mengklasifikasi POFA dalam bahan pozzolan tipe C.

### C.2 Analisis *Properties Agregat*

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik dan spesifikasi agregat kasar dan halus yang akan di pakai dalam campuran beton. Agregat kasar berasal dari Air Hitam, Pekanbaru dan agregat halus dari Sungai Kampar, Riau.

Tabel. 2 Karakteristik Agregat Kasar

No.	Jenis pemeriksaan	Hasil Pemeriksaan	Standar spesifikasi
1.	Berat jenis (gr/cm <sup>3</sup> )		
	a. <i>Apparent specific gravity</i>	2,63	2,5-2,7
	b. <i>Bulk spesifik gravity on dry</i>	2,52	2,5-2,7
	c. <i>Bulk spesifik gravity on SSD</i>	2,56	2,5-2,7
	d. <i>Absorpsion (%)</i>	1,57	<4
2.	Kadar air (%)	0,25	3-5
3.	Modulus kehalusan	4,31	5-8
4.	Keausan (%)	34,44	<40
5.	Berat Volume		
	a. Kondisi padat	1,52	>1,2
	b. Kondisi gembur	1,33	>1,2

Berdasarkan Tabel 2 diketahui bahwa modulus kehalusan butiran adalah 4,31 dan tidak masuk dalam standar spesifikasi agregat kasar yaitu 5-8. Berdasarkan pengujian berat jenis, berat jenis yang digunakan adalah berat jenis *saturated surface dry* (SSD) didapat berat jenis agregat kasar dari Air hitam, Pekanbaru masih masuk dalam standar spesifikasi agregat halus 2,5 - 2,7. Apabila berat jenis agregat tinggi, maka menghasilkan berat jenis beton yang tinggi dan memiliki kuat tekan yang tinggi pula. Hasil pemeriksaan agregat (*absorption*) 1,57% memenuhi standar spesifikasi penyerapan agregat yaitu <4%. Hasil pemeriksaan berat volume

agregat kasar didapat bahwa volume agregat kasar yaitu  $1,52 \text{ gr/cm}^3$  untuk kondisi padat dan  $1,33 \text{ gr/cm}^3$  untuk kondisi gembur. Hasil analisa berat volume agregat halus ini memenuhi standar spesifikasi berat volume  $>1,2 \text{ gr/cm}^3$ . Hasil pemeriksaan kadar air agregat kasar ini tidak memenuhi standar spesifikasi yaitu 0,25 % dengan rentang 3-5 %. Hasil pemeriksaan ketahanan agregat dengan mesin *Los Angeles* adalah gradasi B dengan ketahanan agregat sebesar 34,44 %. Nilai ini memenuhi standar spesifikasi ketahanan aus agregat yaitu  $< 40 \%$ .

Tabel 3. Karakteristik Agregat Halus

No.	Jenis pemeriksaan	Hasil Pemeriksaan	Standar spesifikasi
1.	Berat jenis ( $\text{gr/cm}^3$ )		
	a. <i>Apparent specific gravity</i>	2,64	2,5 - 2,7
	b. <i>Bulk specific gravity on dry</i>	2,58	2,5 - 2,7
	c. <i>Bulk specific gravity on SSD</i>	2,60	2,5 - 2,7
	d. <i>Absorption (%)</i>	0,81	$< 2$
2.	Kadar Lumpur (%)	1,41	0,2 - 6
3.	Kadar air (%)	0,4	3 - 5
4.	Modulus kehalusan	3,98	1,5 - 3,8
5.	Kadar organik	No. 2	$< \text{No. 3}$
6.	Berat Volume		
	a. Kondisi padat	1,61	$>1,2$
	b. Kondisi gembur	1,51	$>1,2$

Berdasarkan Tabel 3 dapat diketahui bahwa agregat halus yang digunakan dalam penelitian ini masuk dalam spesifikasi daerah IV yaitu pasir agak halus. Sedangkan modulus kehalusan butiran adalah 3,98 tidak masuk dalam *finesess modulus* agregat halus yaitu 1,5-3,8. Hasil pemeriksaan berat volume agregat halus didapat yaitu  $1,61 \text{ gr/cm}^3$  untuk kondisi padat dan  $1,51 \text{ gr/cm}^3$  untuk kondisi gembur. Hasil analisa berat volume agregat halus ini memenuhi standar spesifikasi berat volume  $>1,2 \text{ gr/cm}^3$ . Kadar lumpur atau kotoran agregat Sungai

Kampar memenuhi standar spesifikasi yaitu 1,41% sedangkan standarnya 0,2%-0,6%. Pemeriksaan kadar air yang dilakukan, diketahui bahwa kadar air agregat halus Sungai Kampar yaitu 0,4%. Hasil pengujian kadar air agregat halus ini tidak memenuhi standar spesifikasi 3%-5%. Dengan demikian perlu penambahan atau pengurangan air dalam campuran beton. Hasil pemeriksaan kadar organik yang diperoleh adalah warna No.2. Warna ini memenuhi standar spesifikasi kadar organik agregat halus yaitu  $<\text{No.3}$ . Hasil pemeriksaan tersebut menunjukkan kadar organik yang terkandung tidak tinggi sehingga bagus untuk campuran beton.

### C.3 Analisis Kandungan Air Gambut

Air gambut yang digunakan sebagai air pencampur dan untuk perawatan beton dalam Penelitian ini berasal dari daerah Rimbo Panjang, Kabupaten Kampar, Riau. Pengujian kandungan digunakan untuk mengetahui karakteristik air gambut di lokasi penelitian.

Tabel 4. Karakteristik Air Gambut

No	Parameter	Satuan	Hasil Uji
<b>A Fisika</b>			
1	Warna	TCU	1,655
2	Kekeruhan	NTU	29,8
3	Daya Hantar Listrik	$\mu\text{s/cm}$	100,9
<b>B Kimia Anorganik</b>			
1	Ph	-	3,67
2	$\text{KMnO}_4$	mg/L	568
3	Kesadahan	mg/L	38
4	Besi	mg/L	0,8
5	Mangan	mg/L	$<0,0248$
6	Khlorida	mg/L	26
7	Sulfat	mg/L	1

Sumber: UPT Laboratorium Kesehatan dan Lingkungan Pekanbaru, 2016

### C.4 Trial Jumlah Kapur Tohor

Perbaikan air pencampur yaitu air gambut dilakukan dengan menetralkan pH



air gambut. Derajat keasaman air gambut sebelum dibubuhi kapur tohor adalah 3,66. Penambahan kapur tohor dilakukan sebanyak 10 mg per liter air gambut. Perubahan nilai pH air gambut dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Variasi Jumlah Kapur Tohor

No	Berat kapur (mg)	pH
1	0	3,66
2	10	4,91
3	20	5,19
4	30	6,65
5	40	7,14
6	50	8,09
7	60	8,45
8	70	9,23
9	80	10,13
10	90	10,48
11	100	11,65

Setelah melakukan trial pengolahan air gambut diperoleh komposisi optimum kapur tohor yaitu sebanyak 39,5 mg/liter air. Jumlah kapur ini yang akan digunakan pada saat pembuatan benda uji beton OPC dan beton OPC POFA dengan air gambut.

## C.5 Hasil Pengujian Beton

### C.5.1 Pengujian Porositas

Porositas beton didapat dari rata-rata tiga buah benda uji berbentuk silinder berdiameter 10 cm dan tinggi 10 cm untuk umur beton 28 hari. Hasil uji porositas dari beton dengan variasi jenis semen dapat dilihat pada Tabel 6 di bawah ini.

Tabel 6. Hasil Pengujian Porositas

Jenis	Porositas (%)
OPC_N	10,92
OPC AG	10,77
OPC POFA N	11,17
OPC POFA AG	11,64

Tabel 6 menunjukkan bahwa porositas terendah adalah beton OPC\_AG dengan nilai 10,77% pada umur 28 hari.

Beton OPC yang direndam di air normal memiliki porositas sebesar 10,92%, sedangkan beton OPC POFA 10% yang direndam di air normal menghasilkan porositas sebesar 11,17%. Beton OPC POFA 10% dengan air pencampur yang diberi kapur tohor yang direndam di lingkungan gambut memiliki nilai porositas sebesar 11,64%. Pemakaian POFA 10% menunjukkan porositas masih dibawah OPC. Hal ini dikarenakan reaksi pozzolan pada POFA bereaksi lama.

### C.5.2 Pengujian *Sorptivity*

Pada penelitian ini *sorptivity* diukur selama empat jam, beton yang diuji yaitu beton silinder ukuran diameter 10 cm dan tinggi 10 cm dengan umur 28 hari. Nilai *sorptivity* dianjurkan kurang dari 0,2000 mm/min<sup>0,5</sup> untuk menjaga kekedapan (Satya, 2015).

Tabel 7. Hasil pengujian *sorptivity*

No	Jenis	I (mm/menit 0.5)
1	OPC N	0,3035
2	OPC POFA N	0,2296
3	OPC AG	0,3089
4	OPC POFA AG	0,3141

Pada Tabel 7 dapat dilihat bahwa nilai *sorptivity* beton OPC POFA\_N lebih rendah dibandingkan dengan variasi lainnya. Nilai *sorptivity* ini berkaitan dengan adanya proses hidrasi semen. Pasta semen yang terdiri dari gel (*tobermorite*) dan sisa senyawa yang tidak bereaksi, seperti kalsium Ca(OH)<sub>2</sub>, air, dan senyawa lainnya akan membentuk suatu rantai tiga dimensi yang saling melekat secara acak, dan sedikit demi sedikit mengisi ruangan yang ditempati air, lalu membeku dan mengeras sehingga mempunyai kekuatan tertentu (Mulyono, 2003).

## D. KESIMPULAN DAN SARAN

### D.1 Kesimpulan

1. Nilai porositas beton OPC AG lebih rendah dibandingkan nilai porositas

beton OPC dan beton OPC POFA dengan air pencampur air gambut yang telah diberi kapur tohor. Hal tersebut yang mengakibatkan beton lebih porous dibandingkan beton OPC dengan air pencampur air normal.

2. Beton OPC POFA yang menggunakan air normal sebagai air pencampur direndam di air normal memiliki nilai *sorptivity* yang lebih rendah dibandingkan beton dengan variasi lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa *sorptivity* beton yang menggunakan air gambut sebagai pencampur maupun sebagai air perendaman memiliki nilai *sorptivity* yang tinggi.

## D.2 Saran

1. Perlu adanya penelitian lanjutan untuk meneliti reaksi kimia yang terjadi antara senyawa di air gambut dengan kapur tohor.
2. Penggunaan bahan tambah selain POFA dengan menggunakan air pencampur air gambut yang direndam langsung di lingkungan gambut perlu dilakukan untuk memaksimalkan penggunaan bahan limbah lingkungan.

## DAN POROSITAS BETON SEMEN OPC , PCC , DAN OPC POFA.

- Sianturi, R. (2016). Kuat tekan dan sifat fisik beton OPC, OPC POFA, dan PCC menggunakan air gambut sebagai air pencampur beton.
- Su, N., Miao, B., & Liu, F. (2002). Effect of wash water and underground water on properties of concrete, 32, 777–782.
- Sugiharto, H., Tjong, W. F., Surya, A., Wibowo, K., Jurusan, A., Sipil, T., ... Petra, K. (2007). Rancang bangun alat uji permeabilitas beton, 6(2), 94–100.

## DAFTAR PUSTAKA

- BB Litbang. (2011). Peta Lahan Gambut Indonesia
- Herlina, A., Handayani, H. E., & Iskandar, H. (n.d.). Pengaruh Fly Ash dan Kapur Tohor pada Netralisasi Air Asam Tambang Terhadap Kualitas Air Asam Tambang ( pH , Fe & Mn ) di Iup Tambang Air Laya pt . Bukit Asam ( Persero ).
- Mulyono, Tri. 2005. *Tekhnologi Beton*. Yogyakarta: ANDI
- Nugraheni, E., & Pangaribuan, N. (2008). pengelolaan lahan pertanian gambut secara berkelanjutan.
- Pandiangan, J. A. (2013). Skripsi ketahanan beton mutu tinggi di lingkungan asam.
- Pradana, T. (2016). *SIFAT MEKANIK*